Klausuraufgaben

Fachschaft
Maschinenbau
FH - Frankfurt/

zu

Werkstoffkunde

Die einzelnen Aufgaben wurden von mehreren alten Klausuren zusammengestellt und nach bestem Wissen und Gewissen beantwortet. Ich kann daher aber nicht garantieren, dass alle Aufgaben vollständig und zu 100% richtig sind. Außerdem sollte man beachten, dass diese Aufgabenzusammenstellung nur Aufgaben des Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Magin beinhalten.
So - viel Spaß beim Lernen bzw. nicht lernen ;-). *J. Kohlhepp u. R. Frank*

Kleiner Hinweis:
Hab selber eine 2 geschrieben – gut ne?? Ich nenne es „minimaler Aufwand – maximale Ausbeute"!!! Zwar war ich immer (fast immer) in der Vorlesung gewesen aber von dem Stoff hatte bzw. habe ich weiterhin kaum Ahnung. J. Kohlhepp

Fachschaft
Maschinenbau
FH - Frankfurt/M

Werkstoffkunde Klausuraufgaben

Aufgabe 1 (WK 1, Kapitel 1, Seite 2-3)

a.) Skizzieren Sie in einer vereinfachten Darstellung den prinzipiellen Ablauf eines mechanischen Festigkeitsnachweises (und für mechanisch belastete Bauteile)!
b.)Welche Grundforderung muss in der Festigkeitsabschätzung beachtet werden, damit im Betrieb kein Bauteilversagen auftritt?
c.) Erläutern Sie anhand dieses Ablaufplanes und drei Beispielen die Aufgaben der Werkstoffkunde und Werkstoffprüfung
d.) Bauteile unterliegen im Betrieb immer Belastungen. Nennen Sie drei Belastungsarten und geben Sie für jede ein Beispiel an.
e.) Was ist unter dem Sicherheitswert S zu verstehen?? Welche Bedingungen muss der Sicherheitswert erfüllen?
- Geben sie den Zahlenbereich an, in dem Sicherheitsbeiwerte üblicherweise liegen. Wovon hängt die Größe des Sicherheitsbeiwerts ab? Geben sie für ein selbst gewähltes Beispiel die Größenordnung des Sicherheitsbeiwertes an und begründen Sie diese Angabe!

Lösung a)

rechnerisch:
Beanspruchung = Kraft / Fläche = F/s < Beanspruchbarkeit
allgemein:
Beanspruchung = Belastung / Gestalt

rechnerisch:
Beanspruchbarkeit = R_m = max. Kraft / Fläche = F_m / S_o
allgemein:
Beanspruchbarkeit = Belastbarkeit / Probe

Lösung b)
Belastung < Belastbarkeit
Beanspruchung < Festigkeit

Lösung c)
a.) Aufbau der Werkstoffe
→ Kristallgitter: Metall => hohe Festigkeit ca. 150 m/mm^2
→ Makromoleküle: Polymere => niedrige Festigkeit ca. 100 m/mm^2
→ Molekül: Glas, Keramik => keine freie Elektronen
b.) Aussage über den Verhalten der Werkstoffe bei
→ mechanische Belastung (Kraft)
→ thermische Belastung (hohe, niedrige Temp.)
→ chemische Belastung (Korrosion)
→→ Verbesserung der Werkstoffeigenschaften bei chemischer, thermischer, mechanischer Belastung

Lösung d)
Mechanische Belastung (Kraft)
Chemische Belastung (Korrosion)
Thermische Belastung (hohe, niedrige Temp.)

Lösung e)
a.) S = Beanspruchbarkeit / Beanspruchung > 1 | S = Festigkeit / Spannung > 1
Der Sicherheitsbeiwert muss immer größer als 1 sein, sonst tritt Bauteilversagen auf!!!

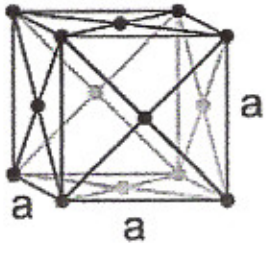
b.) Der Sicherheitsbeiwert liegt zwischen 1,5 …… 3
→ hängt von der geforderten Sicherheit für das jeweilige Bauteil ab
→ Esstisch z.B. 2-fach
→ Flugzeugbau 3-fach (Menschenleben)
→ Brücke 3-fach (Menschenleben
Der Sicherheitswert wird der Gefahrensituation angepasst

Aufgabe 2 (WK1; Kapitel 2, Seite 4-6)

a.) Bezeichnend für Metalle ist das „Kristallgitter". Skizzieren Sie die drei wichtigsten Kristallgitterbauformen bei metallischen Werkstoffen und erklären Sie die Besonderheiten dieser Atombindung.
b.) Vergleichen Sie diese drei Kristallgitter hinsichtlich ihrer plastischen Verformbarkeit (nur qualitativ, keine Begründung erforderlich!)
c.) Welche metallspezifischen Eigenschaften sind Folge der Kristallgitterstruktur.
d.) Nennen Sie zu jeder Eigenschaft die Ursache.

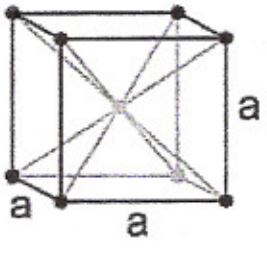
Lösung a. – d.)

Kubischflächenzentrierte Elementarzelle (kfz)
Kugelanzahl 14 kfz (kubisch dichteste Packung – Raumerfüllung liegt bei 74%)



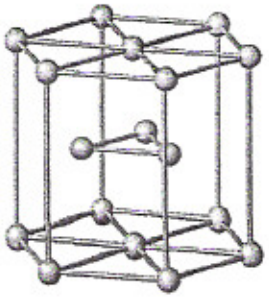
→ zusätzliche Atome auf den Schnittpunkten der Flächendiagonale
→ sehr gut plastisch Verformbar durch günstige Gitterstruktur
→ hohe Zähigkeit auch bei tiefsten Temperaturen
→ hauptsächlich Edelmetalle (Gold, Silber, Platin Palladium, Kupfer, Aluminium….)
→ Eisen zwischen 911°C und 1410°C

Kubischraumzentrierte Elementarzelle (krz)
Kugelanzahl 9 krz (keine dichteste Packung – Raumerfüllung liegt bei 68%)



→ zusätzliches Atom im Schnittpunkt der Raumdiagonalen
→ kristallisiert Chrom, Molybdän, Wolfram, Tantal, Vanadin
→ reines Eisen bis 911°C – Eisen-Kohlenstofflegierungen bis 723°C
→ gut verformbar

Hexagonale Elementarzelle
Kugelanzahl 17 hdp ; 14 hex (dichteste Kugelpackung (hdp); Raumerfüllung liegt bei 74%– einfache Elementarzelle ohne die 3 Atome der zwischengeschobene Atomlage (hex))



→ Werkstoffe sind parallel zu den Grundflächen gut plastisch verformbar – senkrecht schlecht
→ kristallisiert aus als Bergyllium, Magnesium, Zink, Cadmium, Cobalt, Titan

Fachschaft
Maschinenbau
FH - Frankfurt/M.

Amorphe Werkstoffe:

→ Atome reglos im Raum verteilt.
→ Gase und Flüssigkeiten typische amorphe Stoffe
→ feste Stoffe sind Wachs, Glas, Keramik, thermoplastische Stoffe
→ diffuses Bild bei Röntgenbestrahlung
→ keinen festen Schmelzpunkt –

Metalle können auch amorph erstarren – wenn extrem schnell aus der Schmelze abgekühlt wird (Abkühlgeschwindigkeiten >> 1000 K/s). Atome haben somit keine Zeit sich in einem Kristallgitter einzuordnen.

Fachschaft
Maschinenbau
FH - Frankfurt/

Aufgabe 3 (WK 1, Kapitel 2, Seite 1-3)

a.) Nennen Sie die 3 wichtigsten Bindungsarten und die für diese Bindungsarten typischen Partnerelemente!!
b.) Charakterisieren Sie jeweils die elektrische Leitfähigkeit der entstehenden Verbindung!
c.) In welcher Bindungsart sind die Bindungskräfte am höchsten?
d.) Erläutern Sie die Unterschiede zwischen einer Molekülbindung und der metallischen Bindung. Betrachten Sie dabei die räumliche Anordnung der Atome im Festkörper und die Verwendung der Elektronen.
e.) In welchen Stoffeigenschaften unterscheiden sich molekulare Werkstoffe?? Nennen Sie zwei Beispiele und erläutern Sie die Ursachen für die Unterschiede.

Lösung a. u b.)

Ionen Bindung: nur zwischen metallischen und nichtmetallischen Elemente möglich, typisch für Salze (NaCl – nicht leitend)

Metall Bindung: nur zwischen Metallen, regelmäßige Anordnung der Atome (Kristallgitter) und durch die freien Elektronen, die nicht mehr an bestimmte Atome gebunden sind (Elektrogas) elektrisch u wärme leitend.

Atom Bindung: sind nur zwischen nichtmetallischen Elementen möglich (elektrisch nicht leitend)

Lösung c.)

In der Atombindung sind die Bindungskräfte am höchsten.

Lösung d. und e.)

Moleküle bzw. Atombildungen sind zwischen nichtmetallischen Elementen möglich:
Kennzeichen:
→ keine freien Elektronen
→ durch Elektronenübergang vollbesetzte Außenschalen
→ unterschiedlichen Ionenradien ergeben sich allerdings verschiedene ionische Gittertypen
Die Elemente ergänzen sich und teilen die Atome ihrer Außenschale. Nichtmetallen fehlen nur wenige Atome zu einer vollbesetzten Außenschale, daher sind sie Elektronenabnehmer.

Metallische Bindung – nur zwischen Metallen
→ räumlich regelmäßige Anordnung der Atome im Kristallgitter
→ freie Elektronen die nicht an ein bestimmtes Atom gebunden sind – Elektrogas der Elektronenwolke

Metall-Bindung: durch freie Elektronen wärme bzw. elektrische Leiter
Atom-Bindung: Isolatoren
Metall-Bindung: hohe Schmelztemperatur
Atom-Bindung: niedrige Schmelztemperatur

Bindungskraft „innen": Atom = hoch
Metall = niedrig
Bindungskraft „außen": Atom = niedrig
Metall = hoch
Widerverwendbarkeit bei Kunststoffen eingeschränkt

Aufgabe 4 (WK1, Kapitel 2, Seite 12)

Reine Metalle wie Eisen, Aluminium, Kupfer haben eine relative Festigkeit und eine große plastische Verformbarkeit. Sie sind damit wenig geeignet für technische Anwendungen.
a.) Nennen Sie die vier möglichen Maßnahmen (= festigkeitssteigernde Mechanismen), mit denen die Festigkeit dieser Metalle erhöht werden kann.
b.) Erläutern Sie die jeweilige Ursache für die Festigkeitssteigerung und geben Sie ein Beispiel für eine technische Ausführung

Lösung a.)

Mischkristallhärtung (O Dimension): Einbau größere Atome auf Kristallgitterplätzen oder kleinere Atome auf Zwischengitterplätzen wird die Versetzungsbewegung behindert
Kaltverfestigung (1 Dimension): Kaltumformen wird die Versetzungsdichte erhöht. Versetzungen blockieren sich gegenseitig.
Korngrenzenhärtung (2 Dimension): Korngrenzen können von Versetzungen nicht überwunden werden, weil durch sie das Kristallgitter unterbrochen wird. Versetzungen stauen sich auf – im feinkörnigen Gefüge treffen die Versetzungen sehr viel früher auf diese Hindernisse
Ausscheidungshärten (3 Dimension): Fremdpartikel behindern die Versetzungsbewegung. Durch Legierungselemente bilden sich feinstverteilte intermetallischen Phasen im Gefüge, die als Hindernisse wirken.

Lösung b.)

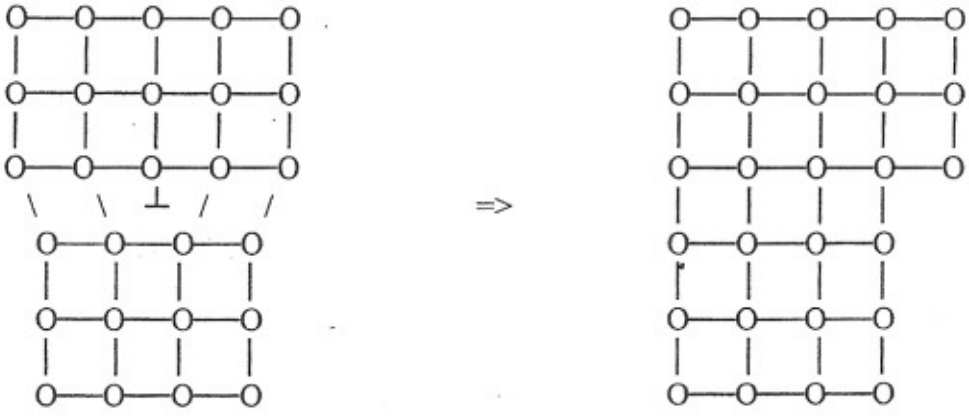
Mischkristallhärtung für Schweißteile mit geringer Festigkeit und chemische Beständigkeit.
Ausscheidungshärten für mechanisch hoch beanspruchte Teile (Flugzeugbau)

Aufgabe 5 (WK1, Kapitel 2, Seite 10-11)

Welcher Kristallgitterbaufehler ist unbedingt Voraussetzung für die plastische Verformbarkeit der Metalle. Vergleichen Sie die plastische Verformung eines idealen fehlerfreien Gitters mit der plastischen Verformung eines realen fehlerbehafteten Kristallgitters.
Warum ist die plastische Verformung des idealen Gitters in dieser Form nicht möglich??

Lösung:

Versetzungen sind notwendig (1 dimensional)



Ein Kristallgitter ohne Versetzung kann sich nicht plastisch verformen, was stattdessen zu einer kompletten Zerstörung der Verbindung führen würde.
Durch abgleiten einer kompletten Atomlage bei fehlerfreien Gefügen kommt es zur Zerstörung des Gitters!!

Aufgabe 6 (WK1, Kapitel 3, Seite 2-4)

Durch Legieren können die Eigenschaften von Metallen gezielt verändert werden.
a.) Welche drei grundsätzlichen Möglichkeiten gibt es für den Einbau von Legierungsatomen in einem Grundmetall?
Erläutern Sie diese drei Möglichkeiten jeweils an einem Beispiel!
b.) Kohlenstoff kann im kubischraumzentrierten Kristallgitter des Eisens nur in Form des Einlagerungsmischkristalls und in nur sehr geringen Mengen gelöst werden. Erläutern und begründen Sie diese Aussage mit Hilfe der Löslichkeitsgeraden.
c.) Zur Legierungsherstellung und auch bei verschiedenen Wärmebehandlungsverfahren werden Zustandsschaubilder benötigt. Was ist in diesen Zustandsschaubilder dargestellt??
d.) Skizzieren Sie ein einfaches Zustandsschaubild nach ihrer Wahl. Welche Bedeutung haben die Linien und die dadurch abgegrenzten Felder??
e.) Was bedeuten die Begriffe „vollkommene Löslichkeit im festen Zustand", „begrenzte Löslichkeit um festen Zustand" und „vollkommene Unlöslichkeit im festen Zustand" in Hinblick auf die Anordnung der Legierungsatome in den Kristallgittern??

Lösung a.)

Substitutions-Mischkristall (SMK): Ein Atom des Grundmetalls wird auf seinem Gitterplatz ersetzt durch ein Atom des Legierungselements. Vorraussetzung ist das die Atomradien ähnlich sind.
Atomradien nahezu gleich (vollkommene Löslichkeit):
Nickel und Kupfer: Problemloser Einbau der jeweiligen Atome in das gewünschte Gitter. Jedes Kupferatom kann jedes Nickelatom ersetzen und umgekehrt.

Atomradius des Fremdelementes kleiner als der des Grundgitters (beschränkte Löslichkeit):
Metallatome bilden dichteste Kugelpackung. Durch den kleineren Atomradius des Fremdatoms rücken die Grundgitteratome näher zusammen. Die Atomabstände werden kleiner das Gitter verzehrt.

Atomradius des Fremdelementes größer als der des Grundgitters (begrenzte Löslichkeit):
Durch den größeren Atomradius des Fremdatoms werden die Gitteratome auseinandergedrückt. Die Atomabstände werden größer, das Gitter verzehrt.

Einlagerungs-Mischkristall (EMK): Ein Atom des Legierungselementes wird auf einem Zwischengitterplatz zwischen den Atomen des Grundmetalls eingebaut. Ist nur möglich mit sehr kleinen Atomen – wichtigster Fall: Kohlenstoff in Eisen!! Löslichkeit C in Fe bei 723°C: 0,02% bei RT: 0,0001%

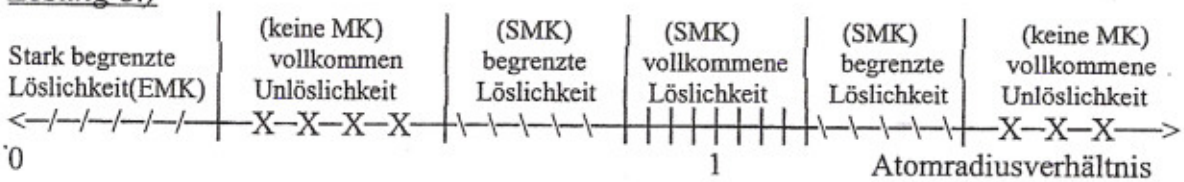
Jeder Einbau von Fremdatomen in das Kristallgitter erzeugt Gitterverspannungen und behindert die Versetzungsbewegung: „Mischkristallhärtung"

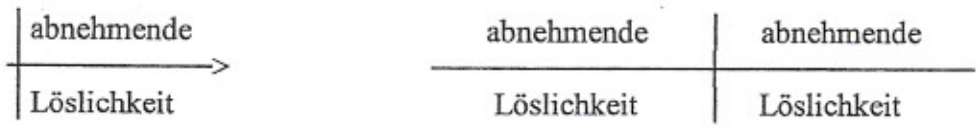
Intermediäre Phase:
Mischform zwischen metallischer und chemischer Bindung. Partner sind das Grundmetall und ein nichtmetallisches Legierungselement bzw. ein metallisches Legierungselement. Kristallgitteraufbau weicht sehr stark vom Gitteraufbau des Partners ab, so dass die Phasen meist sehr hart und spröde sind. Negative Eigenschaften übertragen sich voll auf den Grundwerkstoff. Gehalte sind auf wenige Zehntel beschränkt.
→ keine chem. Verbindungen, keine Moleküle
→ keine reinen Kristallgitter
→ Es sind ineinander verschachtelte Kristallgitter, die in dieser Form bei den reinen Metallen nie auftreten.

Fachschaft
Maschinenbau
FH - Frankfurt/M

Beispiel: Fe3C = Zementit = Eisenkarbid
Die Phasen sind sehr hart, spröde u. verschleißfest. Schnellarbeitsstähle: Molyodänkarbide, Titan – u. Tantal-Karbide. Hartmetalle => Wolframkarbid

Lösung b.)

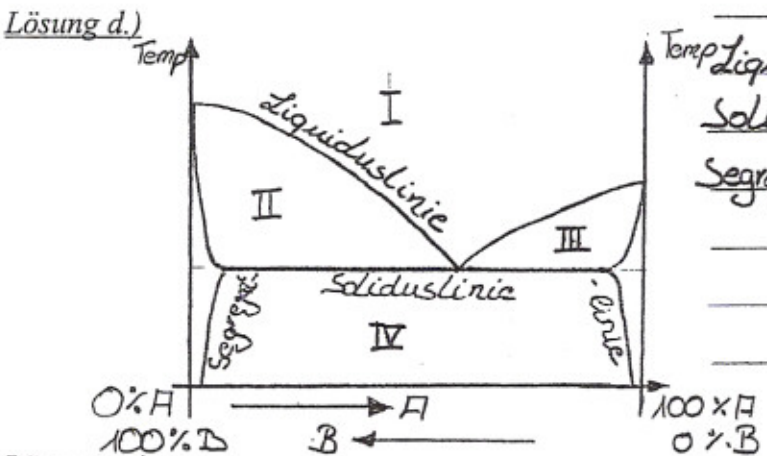




Einlagerungsmischkristalle belegen grundsätzlich Zwischengitterplätze (Gitteraufweitung), daher ist ihre Löslichkeit stark begrenzt. Je kleiner der Atomradius des EMK ist, desto mehr Atome können im Grundmetall gelöst werden.
Beispiel: Löslichkeit bei Raumtemperatur: 0,0001 % C im α-Mischkristall

Lösung c.)
Im Zustandsschaubild sind alle möglichen Zustände einer Legierung graphisch dargestellt, die sich mit Abhängigkeit der Legierungszustandes und Temperatur darstellen lassen

Lösung d.)

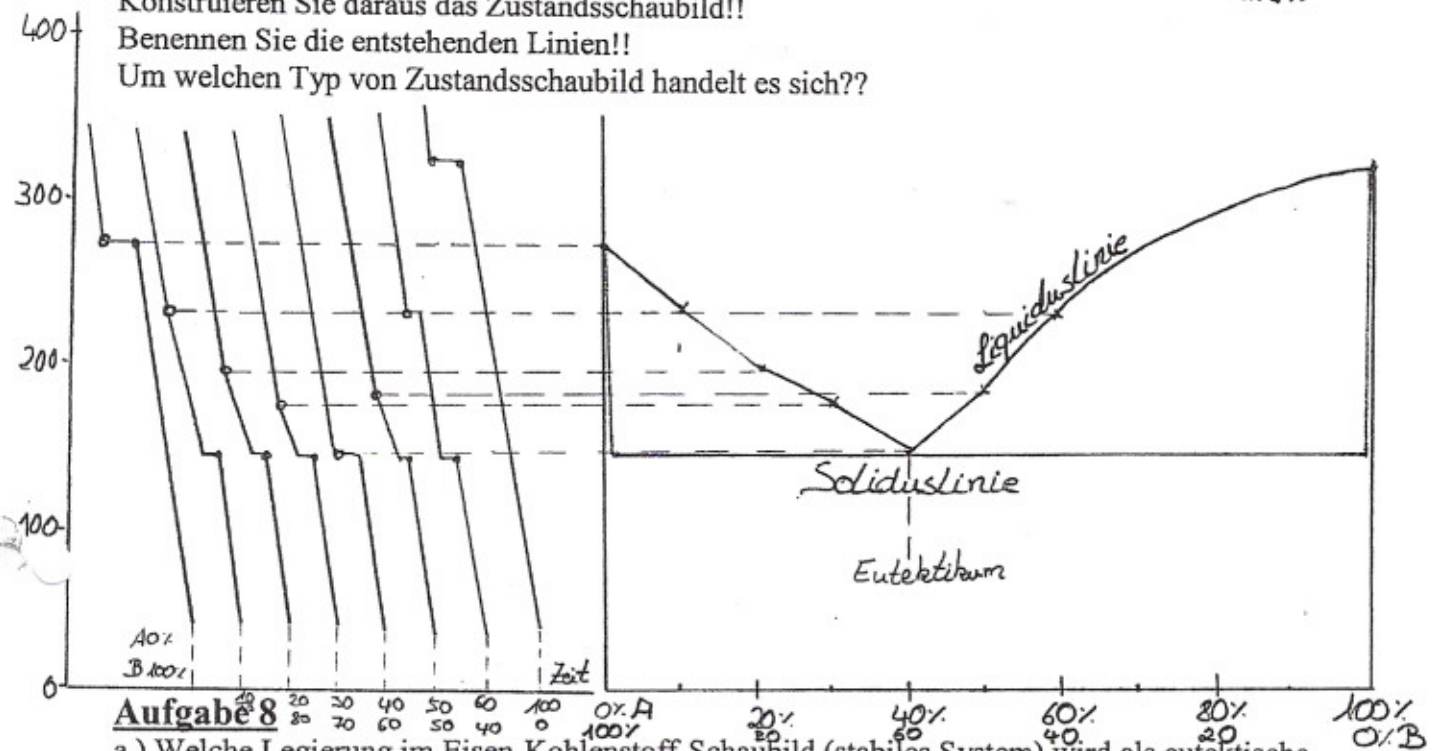


Temp Liquidus-L.: oberhalb ist alles flüssig
Solidus-L.: unterhalb ist alles fest
Segregat-L.: Kennzeichnet Löslichkeit der Legierungspartner

Lösung e.)
Vollkommene Löslichkeit im festen Zustand: Gitteratom kann durch jedes Legierungsatom ersetzt werden. Vorraussetzung dafür ist, dass beide Partner den nahe zu gleichen Atomradius haben (Beispiel: Kupfer und Nickel). Kupferatome können beliebig viele Nickelatome im Kristallgitter lösen und Nickelatome können beliebig viele Kupferatome im Kristallgitter lösen.
Vollkommene Unlöslichkeit im festen Zustand: zu keinem Zeitpunkt können A-Atome im Kristallgitter der B-Atome oder umgekehrt gelöst werden. Beispiel hierfür ist Pb und Fe. Keine chemische Bindung möglich.
Begrenzte Löslichkeit im festen Zustand: Es können nur bedingt A-Atome im Kristallgitter des B-Atoms gelöst werden (Mischkristalle). Hierbei gibt es 3 verschiedene Möglichkeiten (siehe oben). Beispiel hierfür ist Fe und C.

Aufgabe 7 (WK 1, Kapitel 3, Seite 6-12)

Gegeben sind 8 Abkühlkurven eines Zweistoffsystems.
Konstruieren Sie daraus das Zustandsschaubild!!
Benennen Sie die entstehenden Linien!!
Um welchen Typ von Zustandsschaubild handelt es sich??



Aufgabe 8

a.) Welche Legierung im Eisen-Kohlenstoff-Schaubild (stabiles System) wird als eutektische, welche als eutektoide Legierung bezeichnet??
b.) Skizieren und erläutern Sie kurz den Gefügeaufbau der beiden Legierungen bei Raumtemperatur!!
Wie unterscheiden sich Stähle von Gusseisenwerkstoffen??
c.) Wie ist das Eisen-Kohlenstoff-Diagramm mit dem Zeit-Temperatur-Umwandlungsschaubild verknüpft?

Lösung a.)
Die eutektische Legierung ist diejenige, die bei 4,3% C und 95,7 % Fe durch schlagartiges Erstarren aus der Schmelze bei 1147°C entsteht und ein feinlamenlare, feinstreifige Anordnung der Kristalle im Gefüge aufweißt.
Die eutektoide Legierung entsteht nicht aus der Schmelze sondern bei 723°C und einem C-Gehalt von 0,8%. Bei einem C-Gehalt unter 0,8% wird die Legierung als untereutektoid (Ferrit+Perlit; Bau – und Konstruktionsstähle) und bei einem C-Gehalt über 0,8% als übereutektoid (Perlit+ Zementit; Werkzeugstähle, Walzlagerstähle) bezeichnet.

Lösung b.)

Ledeburit
γ-MK weiß (Austenit)
Fe_3C (Zementit) blau
übereutektischen
Legierung

Ferrit hell
Perlit dunkel
untereutektiodischen
Legierung

Lösung c.) Es sind beide Gleichgewichtsschaubilder mit Phasengrenzlinien. Das Eisen-Kohlenstoff-Schaubild + ——> unendlich ZTU => + 0sec bis 10 sec also zeitlich begrenzt (Wirklichkeitsnah)

Fachschaft
Maschinenbau
FH - Frankfurt/M

Aufgabe 9 (WK 2, Kapitel 1, Seite 18 – 24)

Vergleichen Sie die drei Glühverfahren Normalglühen, Spannungsarmglühen, Rekristallisationsglühen und Weichglühen beim einen untereutektoiden Stahl. Welche Temperatur wird eingestellt?? Welche Veränderungen treten beim Erwärmen bzw. Abkühlen im Kristallgitter und Gefüge auf?? Wozu werden diese Glühverfahren jeweils eingesetzt?

Lösung

Normalglühen

Ziel: Herstellung des Gefügegrunds – oder – normalzustandes entsprechend der Bedingung des thermodynamischen Gleichgewichts.
Eigenschaften des Gefüges: feinkörnig, gleichmäßig, spannungsarm, - optimales Verhältnis zu Zähigkeit, - Gefügezustand ist unabhängig von der Vorgeschichte des Werkstoffes
Glühtemperatur:

- untereutektoid: 50 – 100 Grad über Linie GS
- übereutektoid: 750 – 850 °C, -Perlit wird umgewandelt in γ-Mk, Zementit bleibt unverändert. Bei Erwärmen in das Gebiet γ-Mk besteht die Gefahr der Grobkornbildung

Erwärmen (Stahl mit 0,5% C)
Schnittpunkt mit der Linie PS (723°C)

- Umwandlung Perlit in γ-Mk, α-Mk bleibt
- Temperaturerhöhung im Zweiphasengebiet (α-Mk + γ-Mk) wandelt zunehmend α-Mk in γ-Mk um
- Schnittpunkt mit Linie GS: restliche α-Mk wandeln sich um in γ-Mk.

Abkühlen
Schnittpunkt mit Linie GS: Erste γ-Mk wandeln um in α-Mk.
Temperaturabsenkung: Im Zweiphasenfeld α-Mk + γ-Mk wandeln zunehmend γ-Mk in α-Mk um. γ-Mk wird mit C-Atomen aus dem α-Mk angereichert.
Schnittpunkt mit der Linie PS: Bei unterschreitender Linie wandelt der Rest γ –Mk um in Perlit.
Zweimalige Kristallgitterumwandlung – zweimalige Gefügeumwandlung

Spannungsarmglühen

Ziel: Abbau von Eigenspannungen im Bauteil
Eigenschaften des Gefüges: stabil, spannungsarm, gleichmäßiges Gefüge
Temperatur: 200 – 650 °C

- 200°C: Entspannen einsatzgehärtete Teile
- 580 – 650 °C: Bau – und Konstr. –stähle

Erwärmen:

- zu jedem Zeitpunkt an jedem Ort in Bauteil möglichst gleiche Temperatur (keine Wärmespannungen).
- Halten auf Glühtemperatur. Diffusionsprozess, Haltezeit nach Dicke des Bauteils

Abkühlen:

- sehr langsames Abkühlen (Luft bzw. sogar Ofen)
- Diffusionsprozess soll vollständig ablaufen

Keine Kristallgitterumwandlung
Keine Gefügeumwandlung

Rekristallisationsglühen
Ziel: Beseitigung der Folgen einer Kaltumformung (Kaltverfestigung)
Eigenschaften des Gefüges: völlige Gefügeneubildung
Glühtemperatur: 500 – 700 °C – meist 600 °C
Einsatzbereich: Drahtziehen

Fachschaft
Maschinenbau
FH - Frankfurt/M.

Keine Kristallgitterumwandlung
Völlige Gefügeneubildung

Weichglühen
Ziel: Herstellen eines gut umformbaren Gefüges, insbesondere bei übereutektoiden Stählen
Temperatur:
untereutektoid => knapp unter 723°C (keine Kristallgitterumwandlung; deutliche Gefügeänderung)
übereutektoid => Pendelglühen um 723 °C (mehrfache Kristallgitterumwandlung; deutliche Gefügeumwandlung)
Glühzeiten > 10h

Aufgabe 10 (WK2, Kapitel 1, Seit 3-12)

a.)Erklären Sie anhand des Eisen-Kohlenstoff-Schaubildes für Gusseisen mit 3% Kohlenstoff die Vorgänge, die im Werkstoffvolumen ablaufen beim langsamen Abkühlen aus einer Temperatur von 1400°C auf Raumtemperatur.
b.) Gegen Sie für die Temperaturen 1200°C, 900°C und 600°C die jeweils vorliegenden Phasen und deren ungefähre Zusammensetzung an. Beachten Sie dabei, dass das Schaubild bei 7% nur abgebrochen ist.

Lösung a.)
Abkühlen von 1400°C bei 3% C-Gehalt:
- Schmelze bis ca. 1280°C (Schmelze + Kohlenstoffgehalt
- Schmelze + Austenitkristallen bis ca. 1160°C
- Unterschreitung der Soliduslinie – restliche Schmelze Kristallisiert zu Austenit+ Korngrenzenzementit + Ledeburit + Graphit - bis 723°C (γ-Mk + Fe_3C)
- Umwandlung von Krz –> Kfz bei 723°C
- Unter 723°C Perlit + Korngrenzenzementit + Ledeburit + Graphit

Lösung b.)
1200°C – Schmelze und γ-Mk (Austenitkristalle)
Die Schmelze ist zu ca. 60 % auskristallisiert.
40 % Restschmelze – 60 % γ-Mk
900°C – keine Schmelze vorhanden
γ-Mk + Fe_3C
600°C – keine γ-Mk vorhanden
α-Mk + Fe_3C

Aufgabe 11

Je nach Kohlenstoffgehalt unterscheidet man untereutektoide, eutektoide und übereutektoide Stähle. Erklären Sie mit Hilfe des Eisen-Kohlenstoff-Schaubildes (metastabiles System) die Unterschiede zwischen diesen drei Gruppen hinsichtlich Kohlenstoffgehalt und Gefügeausbildung um normalgeglühten Zustand bei Raumtemperatur. Nennen Sie die Hauptanwendungsbereiche der drei Gruppen und begründen Sie dies.

Lösung

Untereutektoider Stahl –> C-Gehalt < 0,8% (Ferrit und Perlit)
Bau – und Konstruktionsstähle
Eutektoider Stahl –> C-Gehalt = 0,8% (Perlit)
Werkzeugstähle – Walzlagerstähle
Übereutektoider Stahl –> C-Gehalt > 0,8% (Perlit+Korngrenzenzementit)
Werkzeugstähle – Walzlagerstähle

Fachschaft
Maschinenbau
FH - Frankfurt/M

Aufgabe 12

a.) Schraffieren Sie im unterstehenden Eisen-Kohlenstoff-Schaubild die Beständigkeitsbereiche (Einphasengebiete) der beiden technisch wichtigsten Mischkristalle des Eisens und geben Sie für beide die maximale Kohlenstofflöslichkeiten mit den jeweils zugehörigen Temperaturen an.
b.) Erläutern Sie die Veränderung, die im Gefüge eines unlegierten Stahls mit 0,8% Kohlenstoffgehalt auftreten bei langsamer Abkühlung aus 900°C. Bei welcher Temperatur passiert was??
c.) Welches Gefüge liegt bei Raumtemperatur vor?? Welche Besonderheit zeichnet es aus? Wie wird der ein Stahl mit diesem Kohlenstoffgehalt bezeichnet?

Lösung a.)

γ-Mk (Austenit) bei 1147°C mit einem C-Gehalt von 2,06 %
α-Mk (Ferrit) bei 723°C mit einem C-Gehalt von 0,02 %

Lösung b.)

900°C – reine γ-Mk (Austenit)
723°C – Umwandlung von Krz in Kfz. γ-Mk wandeln sich α-Mk+Fe_3C
Weiter Abkühlung entsteht Perlit

Lösung c.)

Krz – Gefüge mit 100 % Perlit
Eutektoider Stahl wird dieser genannt

Aufgabe 13 (WK2 Kapitel 1, Seite 27-31)

Die Hauptwelle eines Schiffsgetriebes hat einen Durchmesser von 160 mm bei einer geforderten Mindeststreckgrenze von 700 N/mm^2 und einer Mindestzugfestigkeit von 900 N/mm^2. Weitere Bedingung ist, dass die Festigkeitswerte über den Wellendurchmesser möglichst konstant sind.
Zur Verfügung stehen die drei Vergütungsstähle C60, 41Cr4 und 30CrNiMo8. Die Anlassschaubilder und Ergebnisse d Strinabschreckversuche dieser drei Werkstoffe sind auf dem nächsten Blatt zusammengestellt. Welcher der drei Werkstoffe ist allein für diesen Einsatz geeignet?? Begründen Sie ihre Auswahl anhand der Diagramme. Geben Sie auch kurz an, warum die beiden anderen Werkstoffe nicht zulässig sind.
Legen Sie für den von Ihnen gewählten Stahl die kompletten Wärmebehandlungsdaten fest, mit denen die genannten Festigkeitswerte sicher erreicht werden.
Geben Sie die Festigkeits- und Zähigkeitswerte an, die sich bei der von Ihnen gewählten Wärmebehandlung tatsächlich einstellen.

Lösung:

Gefordert: R_m= 900 N/mm^2
$R_{p0,2}$= 700 N/mm^2

Die Festigkeitswerte lassen sich bei 41Cr4 und 30CrNiMo8 erreichen. Der Härteverlauf jedoch lässt sich nur bei 30CrNiMo8 erreichen da er weitgehend konstant verläuft.

Gewählt: 30CrNiMo8

- Anlasstemperatur 660°C
- Härtetemperatur 900°C (übers Schaubild)
- Abschreckmittel: Öl

Fachschaft
Maschinenbau
FH - Frankfurt

Festigkeits- und Zähigkeitswerte:
Z = ca.70%
A = 18 %
R_m= 900 N/mm^2
$R_{p0,2}$= 700 N/mm^2

Aufgabe 14

Federn dürfen sich unter Betriebsbelastung nicht plastisch verformen. Daher muss die Streckgrenze eines Federstahles möglichst nahe an der Zugfestigkeit liegen. Welcher Werkstoff aus der Gruppe der Vergütungsstähle nach DIN EN 10083 (ehemals DIN 17200) erfüllt diese Bedingung am Besten??
Legen Sie für den von Ihnen ausgewählten Stahl die Wärmebehandlungsdaten so fest, dass bei einer Zugfestigkeit von mindestens 1200 N/mm^2 eine Streckgrenze von mindestens 1100 N/mm^2 erreicht wird.
Welche Festigkeits- Zähigkeitswerte weist der Stahl nach der von Ihnen festgelegten Wärmebehandlung auf?

Lösung

Gegeben: R_m= 1200 N/mm^2
$R_{p0,2}$ = 1100 N/mm^2

Gewählt: 30CrMoV9
Da Streckgrenze und Zugfestigkeit dicht beieinander liegen (wie in der Aufgabenstellung gefordert)

Härtetemperatur: ca. 900°C
Abschreckmittel: Öl
Anlasstemperatur: 570°C (übers Schaubild)
Abkühlmedium: Luft

Festigkeitswerte:
R_m= 1200 N/mm^2
$R_{p0,2}$ = 1100 N/mm^2
A = 15%
Z = 42%

Fachschaft
Maschinenbau
FH - Frankfurt/M

Aufgabe 15

Für Getriebewellen mit einem Durchmesser von 30 mm ist ein geeigneter Stahl auszuwählen. Nach der Festigkeitsrechnung ist eine Streckgrenze von $R_{p0,2}$ = 700 N/mm^2 und eine Zugfestigkeit von R_m = 900 N/mm^2 erforderlich. Wählen Sie aus der DIN 17200 einen Stahl aus, der diese Anforderungen erfüllt. Begründen Sie Ihre Auswahl nur auf Basis der Werkstoffeigenschaften.
Legen Sie für den von Ihnen gewählten Stahl die kompletten Wärmebehandlungen fest, mit denen die genannten Festigkeitswerte sicher erreicht werden.
Geben Sie die Festig- und Zähigkeitswerte an, die sich bei der von Ihnen gewählten Wärmebehandlung tatsächlich einstellen.

Lösung
Gefordert: $R_{p0,2}$ = 700 N/mm^2
R_m = 900 N/mm^2

Gewählt: 41Cr4
Es werden die gewünschten Festigkeitseigenschaften erreicht, zusätzlich ist A u. Z akzeptabel.

Härtetemperatur: 880°C
Abschreckmittel: Öl
Anlasstemperatur: 630°C (übers Schaubild)
Abkühlmedium: Luft im Ofen von 630 auf Raumtemperatur (gleichmäßig)

Festigkeitswerte:
R_m= 900 N/mm^2
$R_{p0,2}$ = 700 N/mm^2
A = 19%
Z = 65%

Aufgabe 16

Das skizzierte Schaubild zeigt den Spannungs-Dehnungs-Verlauf eines normalisierten C45E im Zugversuch bei Raumtemperatur.
Zeichnen sie qualitativ richtig die σ-ε-Verläufe bei Raumtemperatur ein für

a.) weichgeglühten Stahl C45E+A
b.) gehärteten Stahl C45E+QW
c.) gehärteten und angelassenen C45E+QT

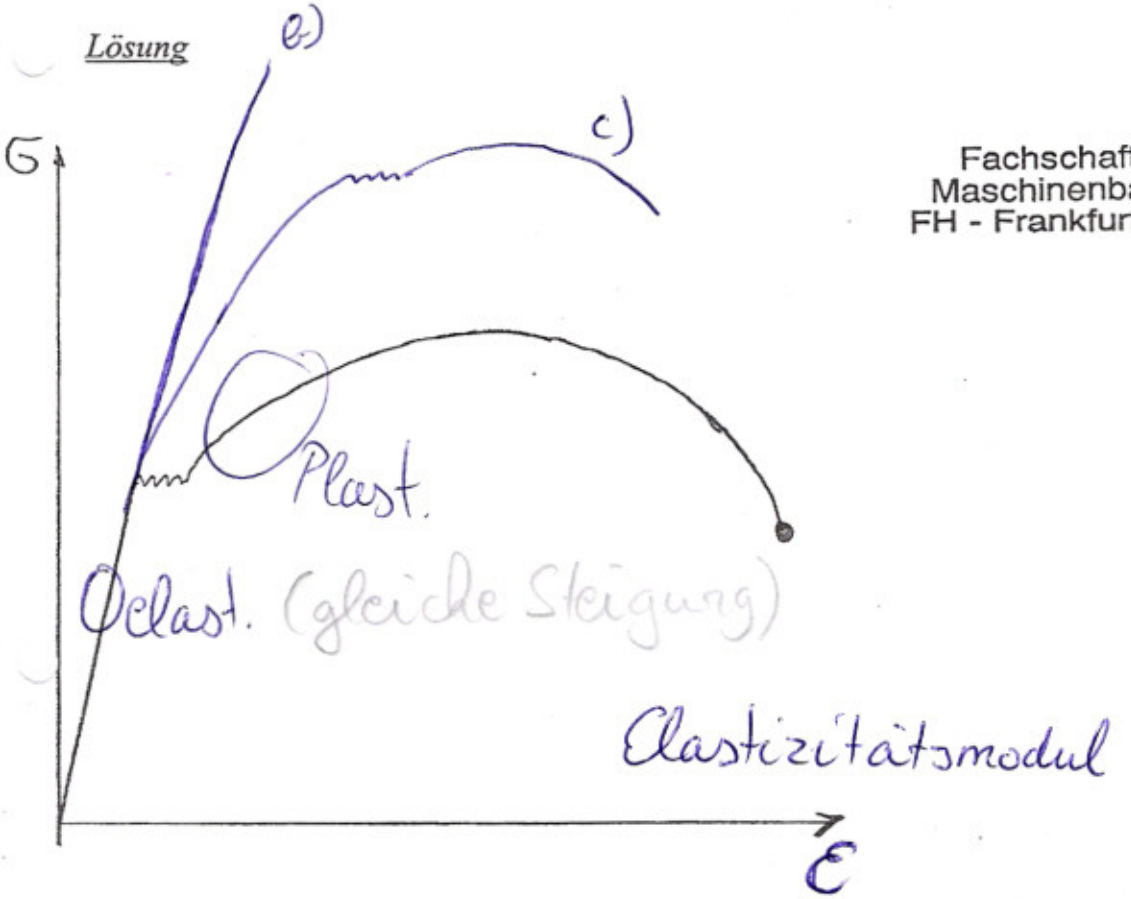
Begründe Sie Ihre Entscheidung kurz!!

Zeigen Sie anhand einer ausgewählten Kurve:

- In welchem Bereich treten elastische Verformungen auf??
- Welcher Werkstoffkennwert charakterisiert dieses Verhalten??
- In welchem Bereich treten plastische Verformungen auf??

Welcher Kristallgitterbaufehler ist unbedingte Voraussetzung für die plastische Verformbarkeit der Metalle?

Lösung



Fachschaft
Maschinenbau
FH - Frankfurt/M

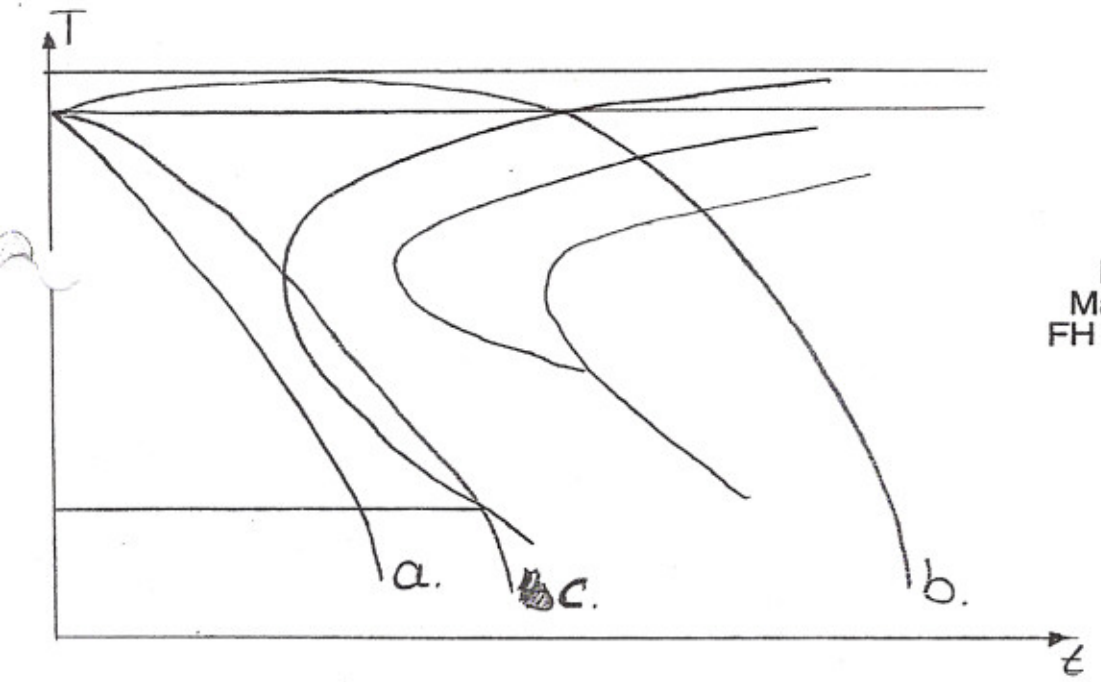
Kristallgitterbaufehler:
⇒ Versetzungen!

Aufgabe 17 (WK2, Kapitel 1, Seite 34)

Zeichnen Sie in das untenstehende kontinuierliche ZTU- Diagramm folgende 3 Abkühlkurven ein und kennzeichnen Sie diese:

a.) es entsteht nur martensitisches Gefüge
b.) es entsteht nur normalisiertes Gefüge
c.) es entsteht ein Gefüge, bei dem ein minimaler Martensitanteil enthalten ist.

Lösung



Fachschaft
Maschinenbau
FH - Frankfurt/

Aufgabe 18

a.) Welcher wesentliche Unterschied besteht zwischen dem Eisen-Kohlenstoff-Schaubild und dem Zeit-Temperatur-Umwandlungsschaubild.

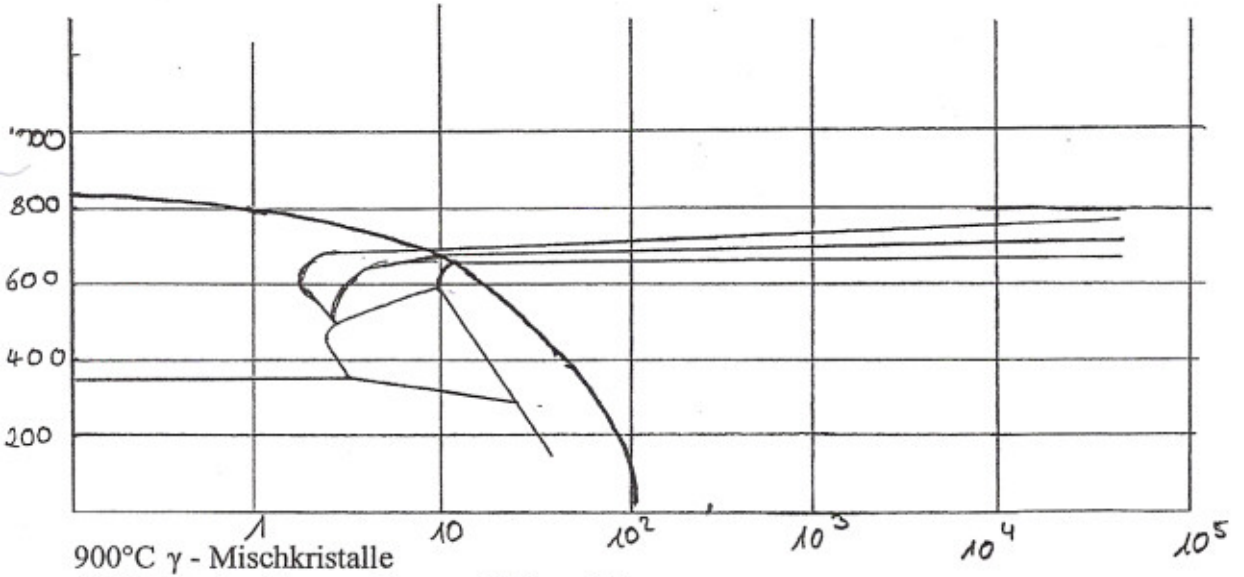
b.) In das nachstehende ZTU-Schaubild des Stahls C45 ist eine experimentelle ermittelte Abkühlkurve eingetragen. Erläutern Sie die Vorgänge im Gefüge des Stahles während dieser Abkühlung.

c.) Welche Gefügebestandteile liegen am Ende des Abkühlprozesses vor?

Lösung a.)

Das ZTU ist die Erweiterung des Eisen-Kohlenstoff-Schaubildes an kürzeren Abkühlzeiten

Lösung b.)



900°C γ - Mischkristalle
680°C Beginn Umwandlung γ-Mk in α-Mk
640°C Ende Umwandlung γ-Mk in α-Mk
Beginn Umwandlung γ-Mk in Perlit
630°C Ende Umwandlung γ-Mk in Perlit

Fachschaft
Maschinenba
FH - Frankfurt

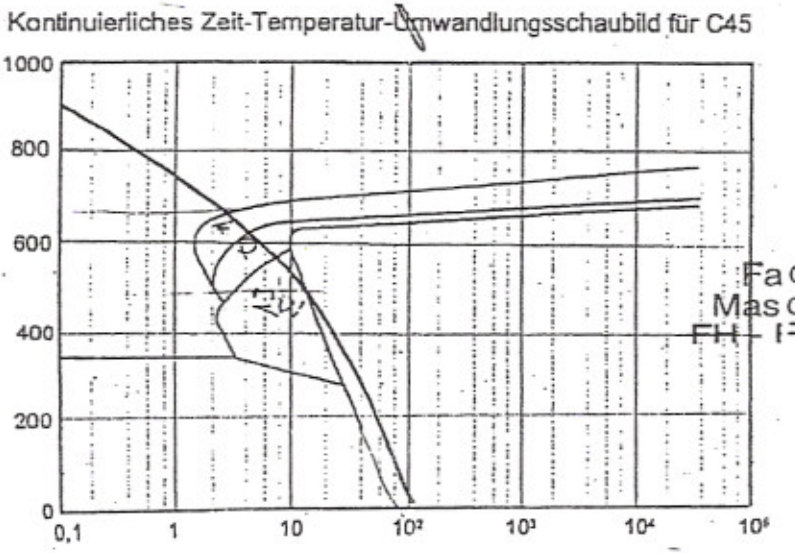
Nun kann beliebig auf Raumtemperatur gekühlt werden. Gefügeumwandlung abgeschlossen

Lösung c.)

Es liegen große Mengen an α-Mk (Ferrit) und etwas kleinere Mengen Perlit vor.

Aufgabe 19

Für die Wärmebehandlung von Stählen sind das Eisen-Kohlenstoff-Schaubild und das Zeit-Temperatur-Schaubild erforderlich. Wie hängen diese beiden Schaubilder zusammen? Erläuterns Sie für einen Stahl C45 (unlegierter Stahl mit 0,45% Kohlenstoffgehalt) mit Hilfe dieses Schaubildes die Vorgänge im Kristallgitter und im Gefüge bei Abkühlung von 900°C auf Raumtemperatur bei der eingezeichneten Abkühlkurve. Geben Sie die ungefähren Umwandlungstemperaturen sowie die Art der Umwandlung an



Lösung

Es sind beide Gleichgewichtsschaubilder. Beim Eisen-Kohlenstoff-Schaubild wird eine unendlich langsame Abkühlung vorausgesetzt. Das ZTU-Schaubild verfügt über eine Zeitachse.

900°C γ- Mischkristalle
670°C Beginn der Umwandlung γ-Mk in α-Mk
620°C Ende der Umwandlung γ-Mk in α-Mk
Beginn der Umwandlung γ-Mk in Perlit
570°C Ende der Umwandlung γ-Mk in Perlit
Beginn der Umwandlung γ-Mk –> Zwischenstufe
500°C Ende der Umwandlung γ-Mk –> Zwischenstufe

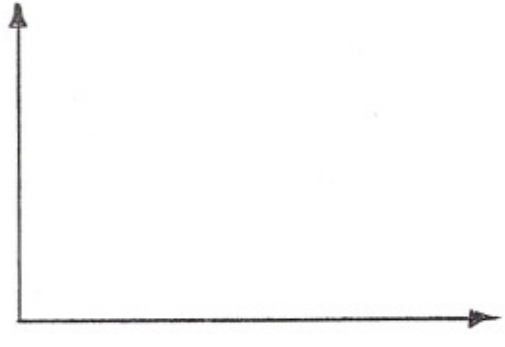
Die Abkühlung auf Raumtemperatur kann jetzt beliebig erfolgen.

Aufgabe 20

Aluminiumlegierungen mit bis zu 4 % Kupfergehakt können durch Ausscheidungshärten auf eine höhere Festigkeit gebracht werden. Welcher festigkeitssteigernde Mechanismus wird dabei eingesetzt??
Welche Arbeitsschritte müssen beim Ausscheidungshärten durchlaufen werden?? Welche Vorgänge laufen dabei im Kristallgitter bzw. Gefüge ab??
Skizzieren Sie den qualitativ die Härteverläufe in Abhängigkeit von der Zeit beim Auslagern bei Raumtemperatur, bei 100°C und bei 200°C.
Welche Gefahr besteht, wenn bei hoher Temperatur zu lange ausgelagert wird?

Lösung
Die Bildung von Intermetallischen – Phasen (Al_2Cu) behindert die Versetzungswanderung (Verfestigung)

1. Schritt: Lösungsglühen – bei Temperaturen um 500 – 550°C sind die Cu-Atome in Form von SMK im Al- Kristallgitter vollständig gelöst
2. Abschrecken: Ausdiffusion der Cu-Atome wird durch schnelles abkühlen verhindert
3. Auslagern: Durch ausdiffusion von Cu-Atome aus den zwangsweise gebildeten Mischkristallen entstehen kleine AL_2CU – Ausscheidungen, die Versetzungsbewegungen blockieren



Fachschaft
Maschinenbau
FH - Frankfurt/

Die Härte nimmt wieder ab und die Verfestigung erreicht nicht die gewünschten Werte.
Beispiel t1: Es können Überlagerungserscheinungen auftreten.

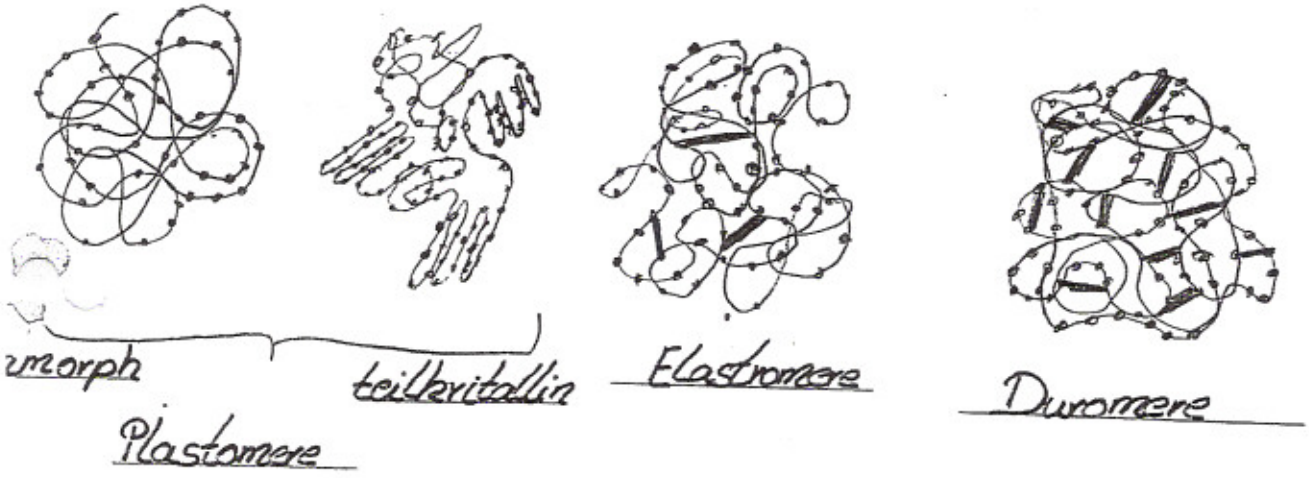
Aufgabe 21 (WK 2, Kapitel 3, Seite 8)

Skizzieren Sie den prinzipiellen Molekülaufbau eines Duromeres, eines Plastomeres und eines Elastromeres.

Begründen Sie anhand dieser Skizzen die unterschiedlichen plastischen Verformeigenschaften dieser Werkstoffgruppe.

Welche Auswirkungen ergeben sich aus dem unterschiedlichen Molekühlaufbau auf die Wiederverwertbarkeit??

Lösung



Fachschaft
Maschinenbau
FH - Frankfurt/M

Duromere sind nur einmal plastisch verformbar
→ Bindungen können nicht durch wärme oder Lösungsmittel aufgelöst werden ohne dabei die Makromolekühle selbst zu zerstören
→ nicht recycelbar
→ Bildung von Querverbindungen zwischen Makromolekühlen in Form von Primärverbindungen mit gleicher Qualität wie unter den Makromolekühlen selbst
→ räumlich sehr eng vernetzte Makromolekühle
Duromere: sehr hart, warmfest und chemisch sehr beständig

Plastomere sind mehrfach plastisch verformbar
→ bestehen aus kettenförmige, eindimensionale Makromolekühle
→ keine Atombindung; sondern Kohäsions- – und Adhäsionskräfte sowie Nebenvalenkräfte
→ Molekühlketten können bei RT nur schwer gegeneinander abgleiten
→ bei RT kaum plastisch verformbar
→ Temperaturerhöhung geschwächt/Aufhebung der Nebenvalenkräfte; plastisch verformbar
→ thermisch nicht hochbelastbar (bis auf wenige Ausnahmen
→ recycelbar
Bei den Plastomere sind zwei verschiedene Ordnungszustände möglich: amorph und teilkristallin

Elastromere sind nur einmal im Fertigungsprozeß plastisch verformbar
→ ähnlich wie Duromere werden chemische Bindungen aufgebaut (nur an wenige Stellen)
→ Makromolekühle liegen lose verknäult übereinander
→ Querverbindungen verhindern ein irreversibles Abgleiten (eventuell durch Zugkraft hervorgerufen – Eigenschaft wird als Gummielastizität bezeichnet)
→ Vernetzung wird als Vulkanisation bezeichnet
→ weder durch Lösungsmittel noch Wärme gelöst werden.

Fachschaft
Maschinenbau
FH - Frankfurt/M.